

Method of positionally controlling a recording/reproducing head so as to follow a rotational frequency component of a disk while eliminating a high order frequency component

Patent Number: ☐ US6166875
Publication date: 2000-12-26
Inventor(s): TAKAISHI KAZUHIKO (JP); UENO TAKAHISA (JP)
Applicant(s): FUJITSU LTD (JP)
Requested Patent: ☐ JP11126444
Application Number: US19980067168 19980427
Priority Number(s): JP19970287325 19971020
IPC Classification: G11B5/596
EC Classification: G11B21/10D, G11B5/596E
Equivalents: CN1215208, ☐ DE19821486, KR272194

Abstract

A disk device includes a magnetic disk carrying servo information and rotatable about a rotational axis, a magnetic head for reading information from the magnetic disk, a positioning unit for positioning the magnetic head radially over the magnetic disk, and a control unit for controlling the positioning unit according to the servo information. The control unit separately measures a rotational frequency component of the magnetic disk and a high-order frequency component which has frequencies higher than the rotational frequency component, and thereafter controls the positioning unit so as to follow the rotational frequency component while eliminating the high-order frequency component. When the magnetic head is positioned along a circular pattern about the rotational axis of the magnetic disk, the magnetic head is prevented from vibrating while compensating for an eccentricity of the magnetic disk.

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2

(11)特許出願公開番号

特開平11-126444

(43)公開日 平成11年(1999)5月11日

(51) Int.Cl.⁸
G 1 1 B 21/10

識別記号

F I
G 1 1 B 21/10

A

審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 13 頁)

(21)出願番号 特願平9-287325

(22)出願日 平成9年(1997)10月20日

(71)出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72)発明者 上野 隆久

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(72)発明者 高石 和彦

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

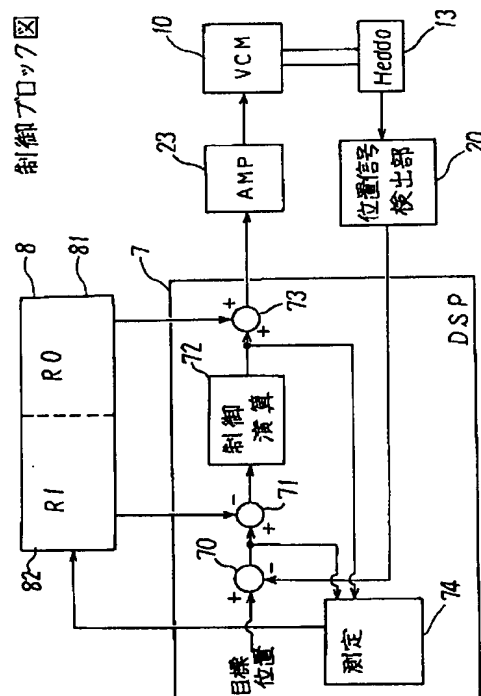
(74) 代理人・弁理士 林 恒徳 (外1名)

(54) 【発明の名称】 磁気ヘッド位置制御方法及び磁気ディスク装置

(57) 【要約】

【課題】 磁気ディスクの回転中心を中心にした回転円に沿って磁気ヘッドを位置決めする磁気ヘッド位置決め方法及び磁気ディスク装置に関し、磁気ディスクの偏心を補正しつつ、磁気ヘッドの振動を防止する。

【解決手段】 サーボ情報を有し、回転中心を中心として回転する磁気ディスク１４と、磁気ディスク１４の情報を読み取る磁気ヘッド１３と、磁気ヘッド１３を磁気ディスク１４の半径方向に位置決めする位置決め手段１０と、サーボ情報に従って、位置決め手段１０を制御する制御手段７とを備える。ヘッド位置制御方法は、磁気ディスク１４の回転周波数成分 R_0 と、回転周波数より高い周波数の高次周波数成分 R_1 とを分離して測定するステップと、回転周波数成分 R_0 に追従し、高次周波数成分 R_1 を排除するように、位置決め手段１０を制御するステップとを有する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 サーボ情報を有し、回転中心を中心として回転する磁気ディスクと、
前記磁気ディスクの情報を読み取る磁気ヘッドと、
前記磁気ヘッドを前記磁気ディスクの半径方向に位置決めする位置決め手段と、
前記サーボ情報に従って、前記位置決め手段を制御する制御手段とを備える磁気ディスク装置の磁気ヘッド位置制御方法において、
前記磁気ディスクの回転周波数成分と、前記回転周波数より高い周波数の高次周波数成分とを分離して測定するステップと、
前記回転周波数成分に追従し、前記高次周波数成分を排除するように、前記位置決め手段を制御するステップとを有することを特徴とする磁気ヘッド位置制御方法。

【請求項2】 請求項1の磁気ヘッド位置制御方法において、
前記測定ステップは、
前記磁気ディスクの回転周波数成分を、前記磁気ヘッドの読み取り信号に基づいて、測定する第1の測定ステップと、
前記高次周波数成分を、前記磁気ヘッドの読み取り信号に基づいて、測定する第2の測定ステップとを有することを特徴とする磁気ヘッド位置制御方法。

【請求項3】 請求項2の磁気ヘッド位置制御方法において、
前記第2の測定ステップは、
前記第1のステップで測定された前記回転周波数成分に追従するように、前記位置決め手段を制御しながら、前記高次周波数成分を測定するステップを含むことを特徴とする磁気ヘッド位置制御方法。

【請求項4】 請求項2の磁気ヘッド位置制御方法において、
前記第1の測定ステップは、
前記制御手段の制御電流から、前記回転周波数成分を測定するステップからなることを特徴とする磁気ヘッド位置制御方法。

【請求項5】 請求項4の磁気ヘッド位置制御方法において、
前記第1の測定ステップは、
逆ノッチフィルタにより、位置誤差から前記回転周波数成分を抽出する抽出ステップと、
抽出された回転周波数成分を前記制御手段により制御電流に圧縮した後、前記制御電流から、前記回転周波数成分を測定する測定ステップとを含むことを特徴とする磁気ヘッド位置制御方法。

【請求項6】 請求項5の磁気ヘッド位置制御方法において、
前記測定ステップは、
前記制御電流を離散フーリエ変換するステップと、

前記離散フーリエ変換値から前記回転周波数成分を対象とした逆フーリエ変換を行うステップとを含むことを特徴とする磁気ヘッド位置制御方法。

【請求項7】 請求項3の磁気ヘッド位置制御方法において、
前記第2の測定ステップは、
位置誤差に制御系の逆モデルを掛けて、前記高次周波数成分を測定するステップであることを特徴とする磁気ヘッド位置制御方法。

【請求項8】 請求項7の磁気ヘッド位置制御方法において、
前記第2の測定ステップは、
前記位置誤差と、前記制御電流とから前記高次周波数成分を測定するステップであることを特徴とする磁気ヘッド位置制御方法。

【請求項9】 請求項8の磁気ヘッド位置制御方法において、
前記第2の測定ステップは、
前記制御電流に前記位置決め手段の伝達関数を乗算した値に、
前記位置誤差の値を加算して前記高次周波数成分を測定するステップであることを特徴とする磁気ヘッド位置制御方法。

【請求項10】 請求項8の磁気ヘッド位置制御方法において、
前記第2の測定ステップは、
前記位置誤差と前記制御電流とをフーリエ変換するステップと、
前記フーリエ変換値を加算するステップと、
前記加算値を逆フーリエ変換するステップとを有することを特徴とする磁気ヘッド位置制御方法。

【請求項11】 サーボ情報を有し、回転中心を中心として回転する磁気ディスクと、
前記磁気ディスクの情報を読み取る磁気ヘッドと、
前記磁気ヘッドを前記磁気ディスクの半径方向に位置決めする位置決め手段と、
前記サーボ情報に従って、前記位置決め手段を制御する制御手段とを有し、
前記制御手段は、
前記磁気ディスクの回転周波数成分と、前記回転周波数より高い周波数の高次周波数成分とを分離して測定した後、前記回転周波数成分に追従し、前記高次周波数成分を排除するように、前記位置決め手段を制御することを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項12】 請求項11の磁気ディスク装置において、
前記制御手段は、
前記磁気ディスクの回転周波数成分を、前記磁気ヘッドの読み取り信号に基づいて、測定した後、前記高次周波数成分を、前記磁気ヘッドの読み取り信号に基づいて、

測定することを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項13】 請求項12の磁気ディスク装置において、

前記制御手段は、

前記測定された前記回転周波数成分に追従するように、前記位置決め手段を制御しながら、前記高次周波数成分を測定することを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項14】 請求項12の磁気ディスク装置において、

前記制御手段は、

制御電流から、前記回転周波数成分を測定することを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項15】 請求項14の磁気ディスク装置において、

前記制御手段は、

逆ノッチフィルタにより、位置誤差から前記回転周波数成分を抽出した後、抽出された回転周波数成分を圧縮した前記制御電流から、前記回転周波数成分を測定することを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項16】 請求項15の磁気ディスク装置において、

前記制御手段は、

前記制御電流を離散フーリエ変換した後、前記離散フーリエ変換値から前記回転周波数成分を対象とした逆フーリエ変換を行うことを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項17】 請求項13の磁気ディスク装置において、

前記制御手段は、

位置誤差に制御系の逆モデルを掛けて、前記高次周波数成分を測定することを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項18】 請求項17の磁気ディスク装置において、

前記制御手段は、

前記位置誤差と、前記制御電流とから前記高次周波数成分を測定することを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項19】 請求項18の磁気ディスク装置において、

前記制御手段は、前記位置誤差と前記制御電流とをフーリエ変換した後、前記フーリエ変換値を加算し、それから前記加算値を逆フーリエ変換することを特徴とする磁気ディスク装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気ヘッドを磁気ディスクのトラックに位置決めする磁気ヘッド位置制御方法及び磁気ディスク装置に関し、特に、磁気ディスクの回転中心を中心にした回転円に沿って磁気ヘッドを位置決めする磁気ヘッド位置制御方法及び磁気ディスク装置に関する。

【0002】磁気ディスク装置に対して、記憶容量の増

大が求められている。記憶容量の増大のために、磁気ディスクのトラックピッチを小さくする必要がある。トラックピッチを小さくするには、サーボ情報を有するトラック（サーボトラック）を正確な位置に書き込むことが必要となる。この正確なサーボトラックを有する磁気ディスク装置を安価に提供することが求められている。

【0003】

【従来の技術】図13は、磁気ディスクの偏心動作の説明図、図14は、従来技術の説明図、図15は、従来技術の構成図である。

【0004】サーボトラックを正確な位置に書き込むには、従来、個々の磁気ディスク装置に、サーボトラックを正確な位置に書き込む機能を付与する必要があった。しかし、個々の磁気ディスク装置に、係る機能を付与すると、個々の磁気ディスク装置の価格が高くなる。

【0005】このため、サーボトラックライターにより、磁気ディスクに、サーボトラックを書き込んだ後、個々の装置に、サーボトラックが書き込まれた磁気ディスクを搭載することが検討されている。

【0006】即ち、高い位置決め精度を有するサーボトラックライターにより、磁気ディスクにサーボトラックを書き込む。そして、個々の磁気ディスク装置には、サーボトラックを書き込まれた磁気ディスクを取り付ける。このようにすると、個々の磁気ディスク装置に、高い位置決め精度でサーボトラックを書き込む機能を付与する必要がないため、トラックピッチの狭いサーボトラックを有する磁気ディスク装置を、安価に提供できる。

【0007】このように、サーボトラックを書き込んだ磁気ディスクを、個々の装置に搭載する場合には、図13に示すように、磁気ディスク14のサーボ情報が記録されたトラック円軌跡（サーボ円軌跡という）14-1は、磁気ディスク14の回転中心を中心とする回転円軌跡14-2と一致しない場合がある。即ち、サーボトラックを書き込まれた磁気ディスク14を、装置に取り付けるため、微小な取り付け誤差があっても、サーボ円軌跡14-1は、磁気ディスク14の回転円軌跡14-2と一致しない。

【0008】この磁気ディスク14の取り付け位置誤差により、磁気ディスクの偏心が生じる。図13に示すように、アーム17に取り付けられた磁気ヘッド13は、磁気ディスク14の半径方向に移動する。磁気ディスク14の回転円軌跡14-2に沿って位置する磁気ヘッド13は、サーボトラック14-1のサーボ情報により制御され、サーボトラック14-1に沿って位置付けられる。

【0009】このため、図14に示すように、トラック偏心を含むトラック偏差が発生する。トラック偏差は、トラック偏心成分を含むため、磁気ヘッド13の位置誤差は、大きくなる。このため、磁気ヘッド13は、振動し易くなる。

【0010】これを防止するため、偏心制御法を適用する試みがある。図15に示すように、磁気ディスク装置12は、磁気ディスク14と、磁気ディスク14を回転するスピンドルモータ15とを有する。磁気ヘッド13は、アーム17の先端に設けられている。アーム17は、ロータリアクチュエータ（VCMという）10により、移動され、磁気ヘッド13は、磁気ディスク14の半径方向の位置に位置付けされる。

【0011】ヘッド位置検出部20は、磁気ヘッド13の読み取り信号からヘッド位置を検出する。制御演算部25は、位置誤差に制御演算（PID演算等）を行い、制御電流を算出する。制御電流は、アンプ23で増幅され、VCM10を駆動する。

【0012】この制御系において、アーム17を固定した状態で、磁気ヘッド13により、サーボ情報を読み取り、位置誤差を測定する。磁気ディスク14の1周分の位置誤差（トラック偏差）を読み取り、メモリ22に記憶する。このトラック偏差は、図14に示している。通常の制御時は、メモリ22のトラック偏差を、磁気ヘッド13からの位置誤差に加算して、VCM10を制御する。

【0013】このように、偏心成分（トラック偏差）を測定し、フィードフォワード制御する。このため、磁気ヘッド13は、回転円軌跡に沿って位置付けられる。従って、位置誤差を少なくすることができる。

【0014】このように、従来は、トラック偏差を測定して、測定したトラック偏差をフィードフォワード制御して、回転円軌跡に沿った位置付けを行っていた。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】図16は、従来技術の問題点説明図（その1）、図17は、従来技術の問題点（その2）である。

【0016】トラックピッチを小さくした場合に、磁気ヘッドのコア幅の大きさが、復調出力に影響を与える。磁気ヘッドのコア幅を小さくするには、限界がある。このため、磁気ヘッドの検出部位の感度のバラツキが生じる。

【0017】これにより、図16に示すように、磁気ヘッドの変位に対し、復調変位は、線型特性を示さない。即ち、磁気ヘッドがトラック境界に位置した時に、サーボ復調変位は、不連続となる。これは、トラックピッチを小さくした場合に、磁気ヘッドの検出部位の感度のバラツキが生じるためである。

【0018】特に、MRヘッド等の分離されたリード・ライトヘッドを用いて、ライトヘッドとリードヘッドのコア位置ずれを補正するため、位置オフセットする場合がある。この場合には、磁気ヘッドがトラック境界に位置し易い。このサーボ復調変位の不連続部分は、高い周波数成分の位置誤差を示す。又、トラック偏心によりフィードフォワード制御する時に、図17に示すように、

偏心成分は補償されるが、高周波数成分は、強調される。従って、図17に示すように、トラック中心に対し、磁気ヘッドは、振動する。これにより、磁気ヘッドが過振動し、位置決め精度を低下する原因となっていた。

【0019】本発明の目的は、磁気ディスクの偏心を補正しつつ、位置決め精度を向上するための磁気ヘッド位置制御方法及び磁気ディスク装置を提供することにある。

【0020】本発明の他の目的は、磁気ディスクの偏心を補正しつつ、磁気ヘッドの振動を防止するための磁気ヘッド位置制御方法及び磁気ディスク装置を提供することにある。

【0021】本発明の更に他の目的は、磁気ディスクの偏心を補正しつつ、位置誤差の高次周波数成分を除去するための磁気ヘッド位置制御方法及び磁気ディスク装置を提供することにある。

【0022】

【課題を解決するための手段】この目的の達成のため、本発明は、サーボ情報を有し、回転中心を中心として回転する磁気ディスクと、磁気ディスクの情報を読み取る磁気ヘッドと、磁気ヘッドを前記磁気ディスクの半径方向に位置決めする位置決め手段と、サーボ情報に従って、位置決め手段を制御する制御手段とを備える。

【0023】そして、ヘッド位置制御方法は、磁気ディスクの回転周波数成分と、回転周波数より高い周波数の高次周波数成分とを分離して測定するステップと、回転周波数成分に追従し、高次周波数成分を排除するように、位置決め手段を制御するステップとを有する。

【0024】又、磁気ディスク装置は、制御手段が、磁気ディスクの回転周波数成分と、回転周波数より高い周波数の高次周波数成分とを分離して測定した後、回転周波数成分に追従し、高次周波数成分を排除するように、位置決め手段を制御する。

【0025】本発明は、回転周波数成分に追従して制御するため、磁気ディスクの偏心を正確に補正できる。又、サーボ復調変位の不連続部分等で生じる高次周波数成分を排除して制御するため、トラック境界における磁気ヘッドの振動を防止することができる。

【0026】しかも、回転周波数成分と高次周波数成分とを分離して測定するため、回転周波数成分に、正確に追従し、高次周波数成分を正確に排除することができる。このため、位置決め精度を向上した偏心制御が可能となる。

【0027】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の一実施の形態の磁気ディスク装置の構成図、図2は、図1のサーボ回路の制御ブロック図、図3は、本発明の一実施の形態の動作フロー図、図4は、図2の構成の制御動作の説明図、図5は、図2の構成の高次偏心補償動作の説明図であ

る。

【0028】図1に示すように、磁気ディスク装置12は、磁気ディスク14と、磁気ディスク14を回転するスピンドルモータ15とを有する。スピンドルモータ15に、複数枚の磁気ディスク14が搭載されている。図4に示すように、この磁気ディスク14には、予めサーボトラックYが、書き込まれている。

【0029】このトラックYは、複数（例えば、128）のセクターに分割されている。各セクターは、サーボ情報を書き込まれたサーボ領域と、データを書き込むためのデータ領域とを有する。この磁気ディスク14は、サーボ情報が書き込まれた後に、スピンドルモータ15に取り付けられる。磁気ディスク14の偏心のため、図4に示すように、サーボトラックYの円軌跡は、磁気ディスク14の回転中心Bを中心とする回転円軌跡Zと異なる。

【0030】図1に戻り、磁気ヘッド13は、アーム17の先端に設けられている。アーム17は、ロータリアクチュエータ（VCMという）10により、移動され、磁気ヘッド13は、磁気ディスク14の半径方向の位置に位置付けされる。

【0031】リード／ライトチャンネル3は、磁気ヘッド13の検出信号を読み取り信号に変換し、且つ書き込みデータを磁気ヘッド13の書き込み信号に変換する。ハードディスクコントローラ4は、ホストとのデータ転送を制御する。RAM5は、ハードディスクコントローラ4が使用するメモリである。

【0032】マイクロプロセッサ（MPU）6は、磁気ディスク装置全体の制御を行うものである。サーボ回路7は、デジタル・シグナル・プロセッサ（DSP）と周辺回路を有する。サーボ回路7は、磁気ヘッド13からの位置信号に応じて、VCM10をサーボ制御する。サーボ回路7は、スピンドルモータ15を回転制御する。

【0033】メモリ8は、磁気ディスク14の1周における各時刻の偏心データを記憶する。メモリ8の偏心データは、サーボ回路7に与えられる。

【0034】図2に示すように、位置信号検出部20は、磁気ヘッド13の読み取り信号からヘッド位置を検出する。アンプ23は、DSP7からの制御電流を増幅して、VCM10を駆動する。

【0035】メモリ8は、偏心成分R0と、高周波偏差成分R1とを記憶する。偏心成分は、磁気ディスクの半径方向の回転周波数成分であり、メモリ8の第1の領域81に格納される。高周波偏差成分は、磁気ディスクの回転周波数より高い周波数の高次周波数成分であり、メモリ8の第2の領域82に格納される。

【0036】DSP7においては、第1の演算部70は、目標位置から検出位置を差引き、位置誤差を演算する。第2の演算部71は、位置誤差からメモリ8の高周波偏差成分R1を差し引く。これにより、高周波偏差成分

は、制御系から排除される。制御演算部72は、高周波偏差成分が除去された位置誤差に制御演算（PID演算）を行い、制御電流を算出する。第3の演算部73は、制御電流に、メモリ8の偏心成分R0を加算する。これにより、偏心成分R0に追従するように、偏心制御される。

【0037】測定部74は、後述するように、制御電流から偏心成分R0を測定し、メモリ8の第1の領域81に格納する。又、測定部74は、位置誤差と制御電流から高周波偏差成分R1を測定し、メモリ8の第2の領域82に格納する。

【0038】尚、各演算部70、71、73、制御演算部72、測定部74は、DSP7が行う処理をブロックで示したものである。

【0039】図3に従い、その動作を説明する。

【0040】（S1）測定部74は、制御電流から偏心成分R0を測定し、メモリ8の第1の領域81に格納する。

【0041】（S2）測定部74は、位置誤差と制御電流から高周波偏差成分R1を測定し、メモリ8の第2の領域82に格納する。

【0042】（S3）DSP7は、偏心成分に追従し、高周波偏差成分を排除して、サーボ制御を行う。即ち、第1の演算部70は、目標位置から検出位置を差引き、位置誤差を演算する。第2の演算部71は、位置誤差からメモリ8の高周波偏差成分R1を差し引く。これにより、高周波偏差成分は、制御系から排除される。制御演算部72は、高周波偏差成分が除去された位置誤差に制御演算（PID演算）を行い、制御電流を算出する。第3の演算部73は、制御電流に、メモリ8の偏心成分R0を加算する。偏心成分R0を加算された制御電流は、アンプ23に与えられ、VCM10を駆動する。

【0043】このように、偏心成分R0に追従制御するため、図4に示すように、磁気ヘッド13は、回転円軌跡Zに沿って位置制御される。従って、磁気ディスクが偏心していても、位置誤差を少なくすることができる。これにより、磁気ヘッドの位置制御を安定に保つことができる。

【0044】又、トラック境界での復調変位は、不連続であり、高次周波数成分を生じる。この高次周波数成分である高周波偏差成分を排除するため、高次周波数による過渡応答を防止することができる。又、高周波偏差成分を排除するため、制御系の高域強調を防止できる。このため、図5に示すように、磁気ヘッド13の軌跡の振動を防止できる。

【0045】この例では、制御電流に偏心成分を加えている。偏心成分を、位置誤差に加える方法も有る。しかし、位置誤差は、制御演算部72の制御演算により、圧縮されてしまう。このため、偏心成分に正確に追従できない。この例では、圧縮後の制御電流に偏心成分を加え

ているため、偏心成分に直接追従させることができる。又、偏心成分が大きくても、偏心成分に追従制御することができる。

【0046】又、測定した偏心成分に追従した状態で、高周波偏差成分を測定する。このため、偏心成分を除去された位置誤差から高周波偏差成分を測定するため、正確に高周波偏差成分を測定できる。

【0047】更に、位置誤差から高周波偏差成分を除去している。不要な高周波偏差成分を制御系の入力段階で排除するため、高周波偏差成分による制御系への悪影響を防止することができる。

【0048】図6は、偏心測定時のブロック図、図7は、図6の逆ノッチフィルタの特性図、図8は、高周波偏差測定時の制御ブロック図である。

【0049】図6及び図7により、偏心成分の測定処理を説明する。

$$\begin{aligned} \text{Re}(Y_k) &= \sum_{n=0}^{N-1} \{ \text{Re}(X_n) \cos(2\pi n/N) - \text{Im}(X_n) \sin(2\pi n/N) \} \\ \text{Im}(Y_k) &= \sum_{n=0}^{N-1} \{ \text{Re}(X_n) \sin(2\pi n/N) + \text{Im}(X_n) \cos(2\pi n/N) \} \end{aligned}$$

.....(1)

【0053】尚、 $\text{Re}(Y_k)$ は、離散フーリエ変換の実部、 $\text{Im}(Y_k)$ は、離散フーリエ変換の虚部である。

【0054】基本波抽出部74-5は、離散フーリエ変換から基本波成分を取り出す。この時、制御系のサンパ

$$F_k = F_s \cdot k / N = k \cdot F_1$$

(2) 式によれば、 F_k は、基本波又は高調波を示している。即ち、測定周期を、磁気ディスクの一回転に設定し、サンプル数をセクタ数として、フーリエ変換を行うと、各フーリエ係数の周波数は、基本波又は高調波となる。従って、基本波周波数 F_1 のフーリエ係数 Y_1 ($Y(1)$) を用いることにより、基本波成分を抽出することができる。

$$\begin{aligned} \text{Re}(X_k) &= \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} \{ \text{Re}(Y_n) \cos(-2\pi n/N) - \text{Im}(Y_n) \sin(-2\pi n/N) \} \\ \text{Im}(X_k) &= \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} \{ \text{Re}(Y_n) \sin(-2\pi n/N) + \text{Im}(Y_n) \cos(-2\pi n/N) \} \end{aligned}$$

.....(2)

【0058】尚、 $\text{Re}(X_k)$ は、実部、 $\text{Im}(X_k)$ は、虚部である。

【0059】各サンプル毎の逆フーリエ変換値は、メモリ8の第1の領域81に格納される。ここで、逆ノッチフィルタ74-1、平均化部74-2、フーリエ変換部74-3、基本波抽出部74-5、逆フーリエ変換部74-6は、DSP7が行う処理をブロックにしたもので

【0050】図6に示すように、制御演算部72に直列に、逆ノッチフィルタ74-1を設ける。逆ノッチフィルタ74-1の開ループ特性は、図7に示すように、磁気ディスクの回転周波数(基本波周波数) f_1 で、高いゲイン g を有する。位置誤差の基本波周波数の成分のみのゲインが高いため、制御系は、偏心に追従する。

【0051】DSP7の平均化部74-2は、制御演算部72の出力である駆動電流を平均化する。これにより、駆動電流の偏心成分が検出される。次に、DSP7のフーリエ変換部74-3は、駆動電流のフーリエ変換を行う。離散時間関数 $X(x)$ の離散フーリエ変換値を $Y(x)$ とすると、離散フーリエ変換値は、下記(1)式で示される。

【0052】

【数1】

ル周波数を F_s とし、基本波の周波数を F_1 とし、 N をセクタ数とすると、離散フーリエ変換 Y_k の周波数 F_k は、下記(2)式で示される。

【0055】

(2)

【0056】次に、逆フーリエ変換部74-6は、基本波成分を用いて逆フーリエ変換して、偏心成分(駆動電流)を再生する。逆フーリエ変換は、下記(3)式により示される。

【0057】

【数2】

ある。

【0060】このようにして、フーリエ変換により、駆動電流から偏心成分を抽出する。フーリエ変換により基本波の抽出を行うので、逆ノッチフィルタに、急峻な特性は要求されない。

【0061】次に、高周波偏差成分の測定処理を、図8により説明する。

【0062】制御演算部72の伝達関数を「C」とし、VCM10の伝達関数を「P」とすると、制御系の外乱圧縮特性の逆特性は、 $(1+CP)$ である。従って、偏

$$A = (1+CP) \times \text{位置誤差}$$

(4)式において、 $(C \times \text{位置誤差})$ は、駆動電流であるので、(4)式を変形して、(5)式を得る。

$$A = \text{位置誤差} + P \times \text{駆動電流}$$

(5)式で演算すると、(4)式に比し、計算量が減少し、桁落ちによる計算誤差も少ない。

【0065】図8に示すように、制御系は、第1の演算部70と、制御演算部72と、第3の演算部73とからなる。即ち、第1の演算部70で、位置誤差を演算する。制御演算部72では、位置誤差から駆動電流を演算する。第3の演算部73は、駆動電流に、偏心成分R0を加算する。従って、VCM10は、偏心成分に追従する。

【0066】この状態で、DSP7の平均化部75-1は、制御演算部72の出力である駆動電流を平均化する。DSP7の平均化部75-2は、第1の演算部70の出力である位置誤差を平均化する。次に、DSP7のフーリエ変換部75-3は、駆動電流のフーリエ変換を行う。DSP7のフーリエ変換部75-4は、位置誤差のフーリエ変換を行う。

【0067】DSP7のフーリエ変換部75-6は、VCM10の伝達関数(フィルタ関数)Pをフーリエ変換する。DSP7の乗算部75-7は、駆動電流のフーリエ変換値に、伝達関数のフーリエ変換値を乗算する。DSP7の加算部75-8は、位置誤差のフーリエ変換値と乗算結果とを加算する。次に、逆フーリエ変換部75-9、加算結果を逆フーリエ変換して、高周波偏差成分(位置誤差)R1を再生する。

【0068】各サンプル毎の逆フーリエ変換値は、メモリ8の第2の領域82に格納される。ここで、平均化部75-1、75-2、フーリエ変換部75-3、75-4、75-6、乗算部75-7、加算部75-8、逆フーリエ変換部75-9は、DSP7が行う処理をブロックにしたものである。

【0069】このようにして、フーリエ変換により、駆動電流と位置誤差とから高周波偏差成分を抽出する。偏心に追従制御しながら、高次偏差成分を測定するので、偏心の影響を受けずに、高次偏差成分を測定できる。又、制御系の逆モデルを用いて、高次偏差成分を測定するので、計算により高次偏差成分を抽出することができる。

【0070】更に、フーリエ変換しているので、初期値を必要としない。フーリエ変換しているので、過渡応答の影響が少ない。このため、正確に高次偏差成分を測定できる。

【0071】この例では、前述の(5)式から高次偏差成分を測定しているが、前述の(4)式を用いても良

心成分Aは、下記(4)式で示される。

【0063】

(4)

【0064】

(5)

い。

【0072】図9(A)及び図9(B)は、本発明の他の態様の制御ブロック図である。

【0073】図9(A)に示すように、メモリ8には、偏心成分R0から高次偏差成分R1を差し引いた位置フィードフォワード値を格納する。そして、第2の演算部71は、第1の演算部70の位置誤差に、メモリ8の位置フィードフォワード値を加算する。制御演算部72は、この補正位置誤差を駆動電流に変換する。

【0074】又、図9(B)に示すように、メモリ8には、偏心成分R0から高次偏差成分R1を差し引いた電流フィードフォワード値を格納する。そして、第3の演算部73は、制御演算部72の駆動電流に、メモリ8の電流フィードフォワード値を加算する。

【0075】このように制御系を構成しても、偏心成分に追従し、且つ高次偏差成分を排除した位置制御が可能となる。

【0076】次に、このDSPでは、制御系の周波数特性の測定が可能である。図10(A)及び図10(B)は、周波数測定の制御ブロック図、図11は、周波数測定のための処理フロー図、図12は、周波数測定動作の説明図である。

【0077】図10(A)及び図10(B)において、制御演算部72の伝達関数を「C」、VCM10の伝達関数(メカ特性)を「P」とする。制御演算部72とVCM(制御対象)10とで制御系を構成する。制御演算部72は、位置誤差Pesを駆動電流Curに変換する。VCM10の位置誤差Pesは、制御演算部72に入力する。

【0078】測定用ノイズRは、制御系に加算される。図10(A)では、測定用ノイズRを位置に加算している。図10(B)では、測定用ノイズRを電流に加算している。

【0079】測定方法は、制御系に測定用ノイズを加算する。その時の波形を取り込む。測定波形をフーリエ変換して、複素形フーリエ係数を計算し、周波数特性を求める。

【0080】メカ特性P、開ループ特性Z1、閉ループ特性Z2、外乱圧縮特性Z3は、各波形R、X、Y、Pes、Curから以下の式により求められる。

$$【0081】P = Pes / Cur$$

$$Z1 = Y / X$$

$$Z2 = Y / R$$

$$Z3 = X/R$$

この時、一次偏心と高次偏差があると、偏心及び偏差成分も測定結果に含まれ、測定精度を低下する。測定精度を上げるためには、偏心及び偏差成分を測定結果から除去する必要がある。図11は、偏心成分を簡単に除去するための処理フロー図である。

【0082】(S10)測定周波数を初期化する。即ち、パラメータNをセクタ数とし、周波数パラメータkを「1」とする。

【0083】(S11)n番目の測定用ノイズ波形 S_n を、下記式により計算する。ノイズ波形は、図12

(A)に示すように、サイン波である。

$$【0084】S_n = 1/N \cdot G \cdot \sin(-2\pi n/N)$$

ここで、Gは、制御系への加算振幅である。

【0085】次に、平均化用積算変数 $PesSUM_n$ 、 $CurSUM_n$ を「0」に初期化する。更に、測定用ノイズの位相シフト量P1を「0」に初期化する。

【0086】(S12)測定用ノイズの位相をシフトして、制御系に加算する。即ち、加算されるn番目のノイズ波形 N_n は、m番目のノイズ波形 S_m である。尚、 $m = n - P1$ である。

【0087】(S13)1周期分の測定波形を取り込む。即ち、位置 PES_n と、駆動電流 CUR_n を取り込む。

【0088】(S14)測定波形の位相を戻して積算する。即ち、n番目の位置積算変数 $PesSUM_n$ に、m番目の測定位置 PES_n を加算して、n番目の位置積算変数 $PesSUM_n$ を更新する。又、n番目の電流積算変数 $CurSUM_n$ に、m番目の測定電流 CUR_n を加算して、n番目の電流積算変数 $CurSUM_n$ を更新する。

【0089】(S15)測定用ノイズの位相シフト量P1を、1セクタ分シフトする。即ち、位相シフト量P1を(P1+1)に更新する。

【0090】(S16)位相シフト量P1が、セクタ数Nより小さいかを判定する。位相シフト量P1が、セクタ数Nより小さい場合には、ステップS12に戻る。

【0091】(S17)位相シフト量P1が、セクタ数N以上のときには、その周波数において、全ての位相シフト量での測定を終了したことになる。このため、測定波形を平均化する。即ち、平均測定位置 $PesRR0_n$ を、 $PesSUM_n/N$ により求める。平均測定電流 $CurRR0_n$ を、 $CurSUM_n/N$ により求める。

【0092】(S18)測定波形をフーリエ変換する。即ち、平均測定位置 $PesRR0_n$ から測定位置のフーリエ係数の実部 $Re(PesDFTk)$ と、虚部 $Im(PesDFTk)$ を求める。同様に、平均測定電流 $CurRR0_n$ から測定電流のフーリエ係数の実部 $Re(CurDFTk)$ と、虚部 $Im(CurDFTk)$ を求める。ここで、求めるフーリエ変換は、測定周波数のみとする。

【0093】(S19)周波数特性を複素形式で求める。即ち、メカ特性Pは、位置のフーリエ係数 $PesDFTk$

を、電流のフーリエ係数 $CurDFTk$ で割った値で得られる。その時の測定周波数 F_k は、 $K/N \cdot F_s$ により得られる。尚、 F_s はサンプル周波数である。

【0094】(S20)測定周波数変数kを変更する。即ち、測定周波数変数kを(k+1)に更新する。

【0095】(S21)測定周波数変数kとセクタ数Nとを比較する。測定周波数変数kが、セクタ数Nより小さいと、ステップS11に戻る。測定周波数変数kがセクタ数以上であると、全ての周波数の測定は終了したことになる。このため、測定を終了する。

【0096】このように、図12(A)に示すように、測定ノイズ波として、サイン波を用いる。位相を順次シフトしたサイン波をノイズとして印加する。これらサイン波を印加した時の測定波形は、図12(B)の如くである。これらを重ね合わせると、サイン波の成分、即ち、ディスクの偏心(及び偏差)成分は除去される。即ち、測定ノイズ波を順次シフトして与えた後、測定波形をシフトする前の元の位相の測定波形に加算する。これにより、ディスクの偏心(及び偏差)成分を除去した周波数特性の測定が可能となる。

【0097】上述の実施の態様の他に、本発明は、次のような変形が可能である。

【0098】(1) 偏心成分と高次偏差成分とを分離して測定する方法を、実施の態様で示すもので説明したが、他の方法を用いることができる。

【0099】(2) 又、偏心成分の測定方法として、図6の構成のもので説明したが、図8の構成のものも適用できる。

【0100】以上、本発明の実施の形態により説明したが、本発明の主旨の範囲内で種々の変形が可能であり、これらを本発明の範囲から排除するものではない。

【0101】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、次の効果を奏する。

【0102】(1) 回転周波数成分に追従して制御するため、磁気ディスクの偏心を正確に補正できる。又、サーボ復調変位の不連続部分で生じる高次周波数成分を排除して制御するため、トラック境界における磁気ヘッドの振動を防止することができる。

【0103】(2) 回転周波数成分と高次周波数成分とを分離して測定するため、回転周波数成分に、正確に追従し、高次周波数成分を正確に排除することができる。このため、位置決め精度を向上した偏心制御が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態の磁気ディスク装置の構成図である。

【図2】図1の構成の制御ブロック図である。

【図3】図2の構成の動作フロー図である。

【図4】図2の構成の制御動作の説明図である。

【図5】図2の構成の高次偏差補償動作の説明図である。

【図6】本発明の一実施の形態の偏心測定時のブロック図である。

【図7】図6の逆ノッチフィルタの特性図である。

【図8】本発明の一実施の形態の高次偏差測定時の制御ブロック図である。

【図9】本発明の他の実施の形態の制御ブロック図である。

【図10】本発明による周波数測定の制御ブロック図である。

【図11】本発明による周波数測定の処理フロー図である。

【図12】図11の処理の動作説明図である。

【図13】偏心動作の説明図である。

【図14】従来技術の説明図である。

【図15】従来技術の構成図である。

【図16】従来技術の問題点説明図（その1）である。

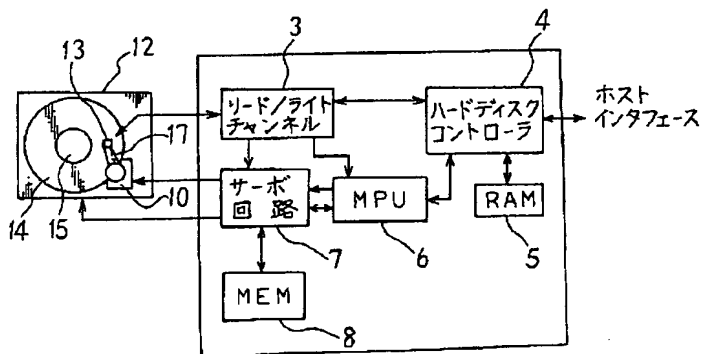
【図17】従来技術の問題点説明図（その2）である。

【符号の説明】

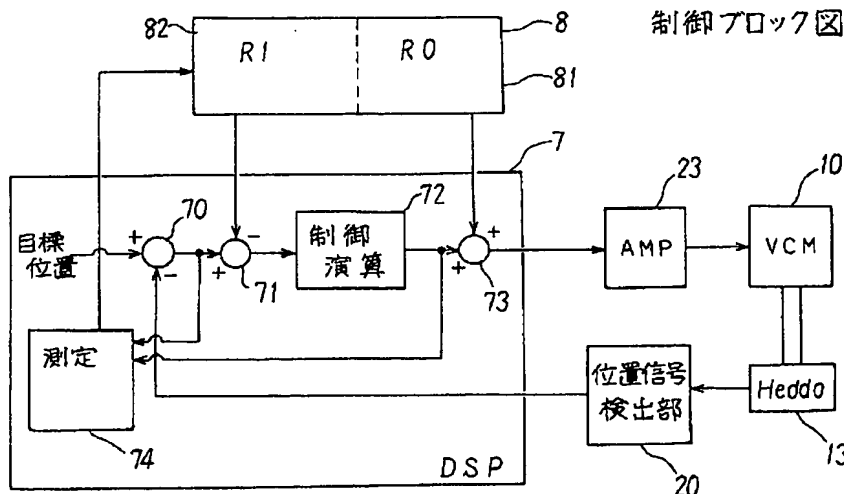
- 3 リード/ライトチャンネル
- 4 ハードディスクコントローラ
- 7 サーボ回路
- 8 メモリ
- 10 ボイスコイルモータ
- 13 磁気ヘッド
- 14 磁気ディスク
- 15 スピンドルモータ

【図1】

構 成 図



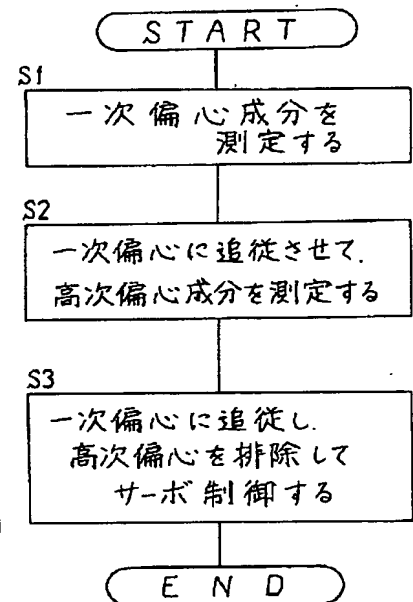
【図2】



制御ブロック図

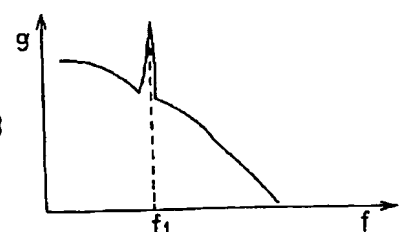
【図3】

動作フロー図



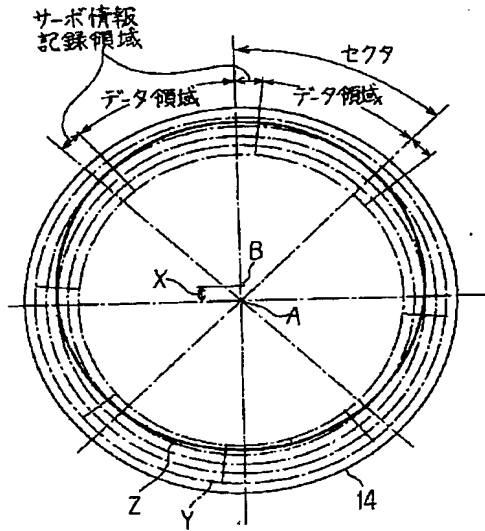
【図7】

逆ノッチフィルタの特性図



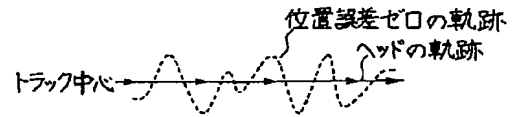
【図4】

制御動作の説明図



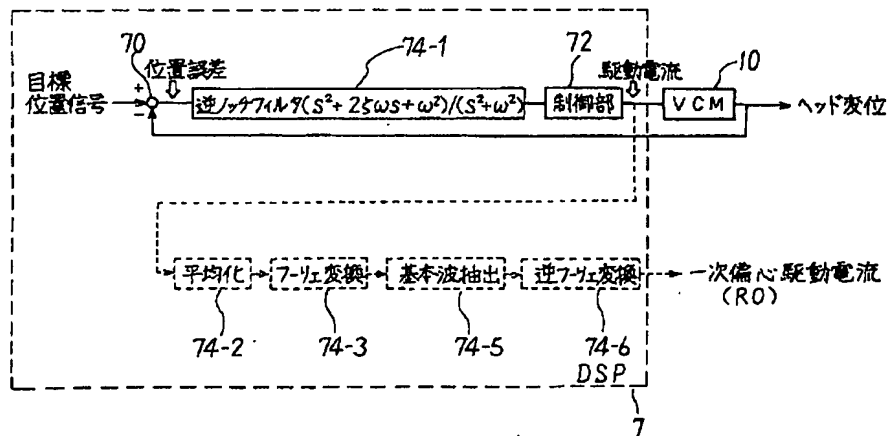
【図5】

高次偏差補償動作の説明図



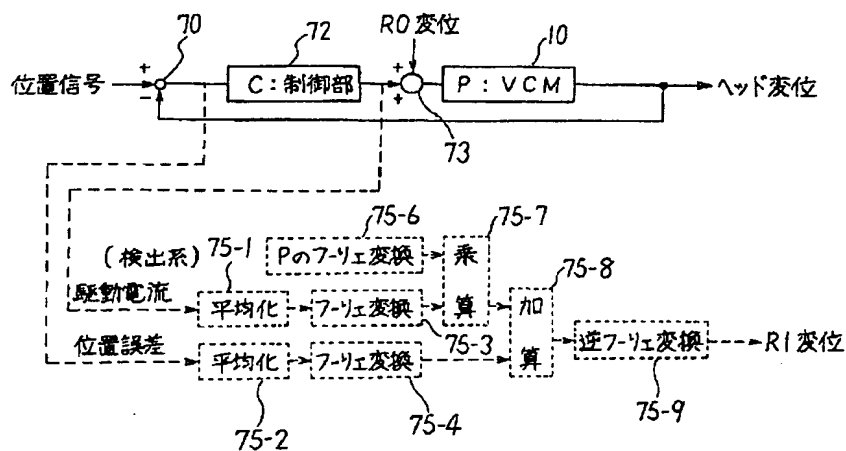
【図6】

偏心測定時のブロック図



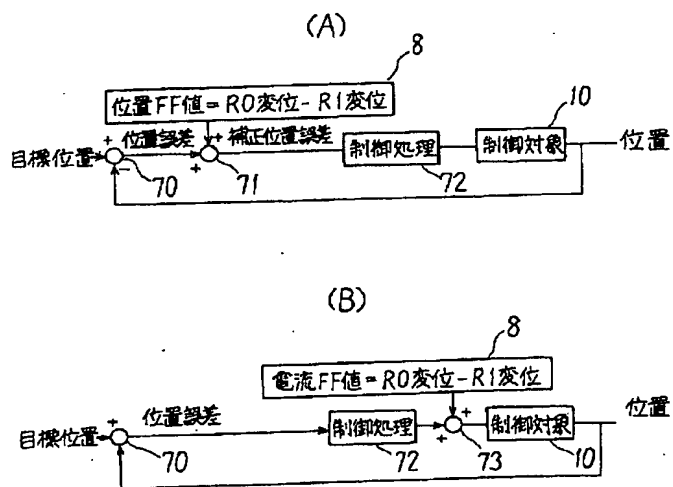
【図8】

高次偏差測定時の制御ブロック図



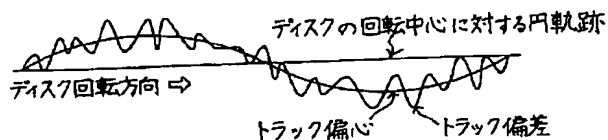
【図9】

他の実施の形態の制御ブロック図



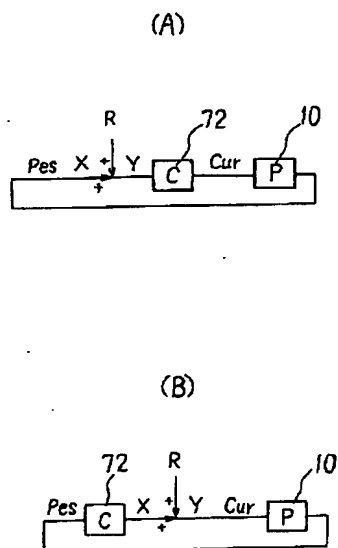
【図14】

従来技術の説明図



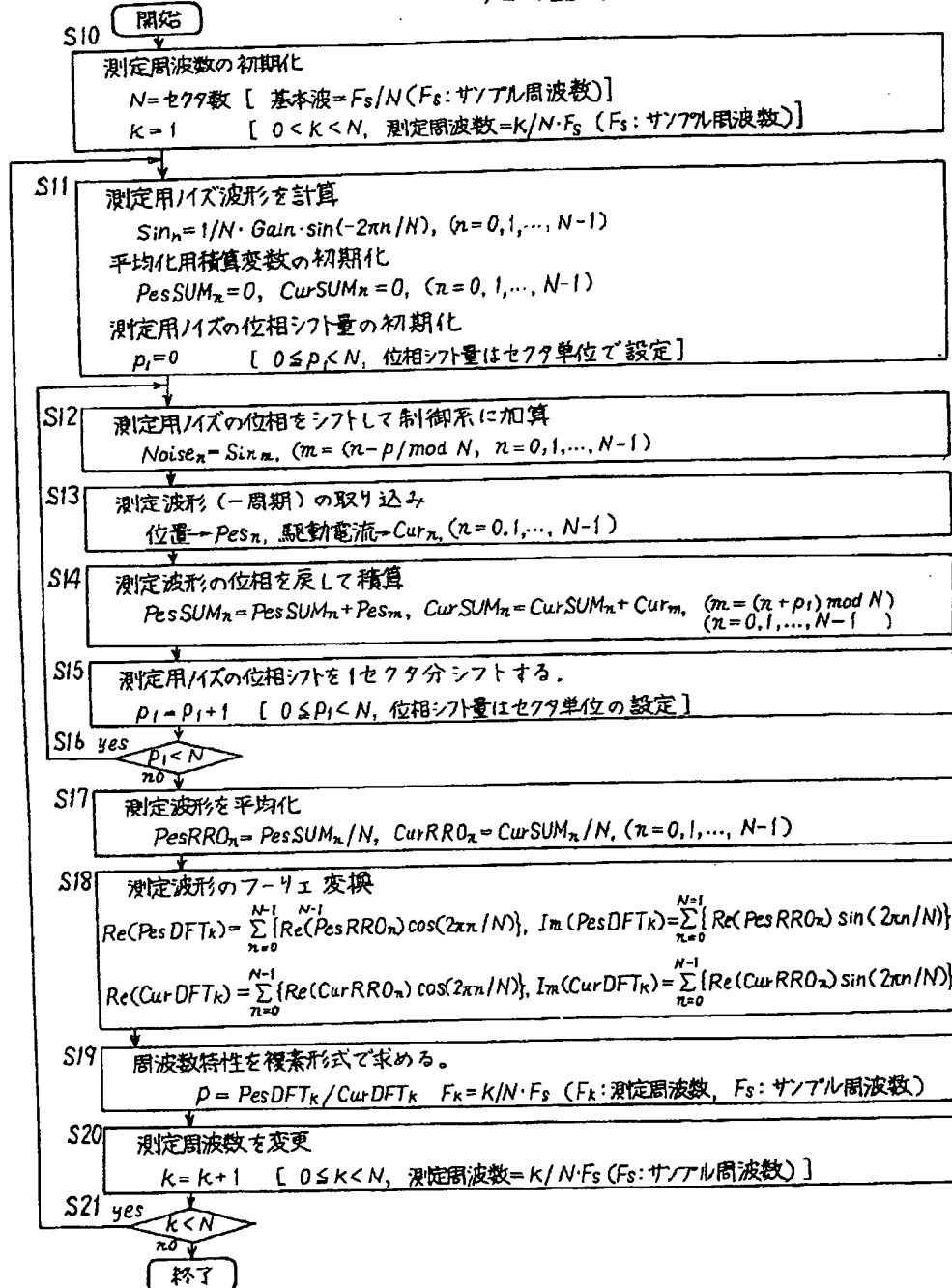
【図10】

周波数測定時の制御ブロック図



【図11】

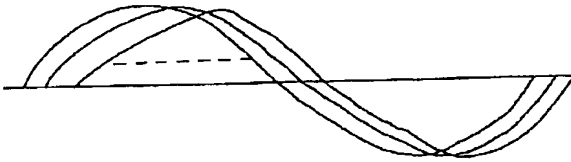
処理フロー図



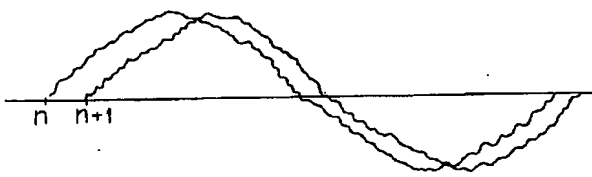
【図12】

動作説明図

(A)

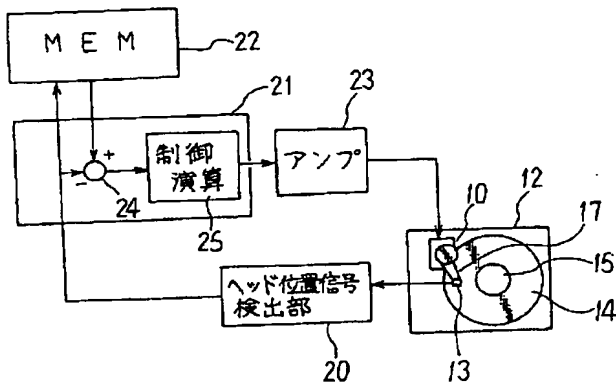


(B)



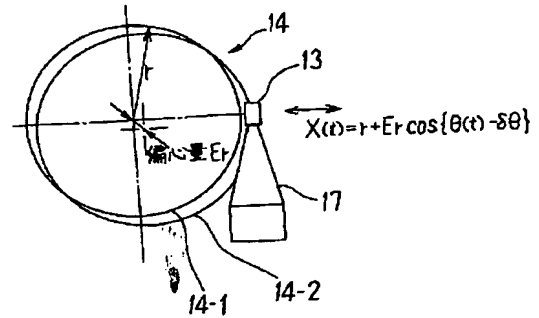
【図15】

従来技術の構成図



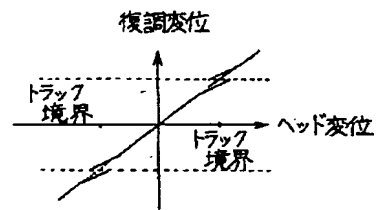
【図13】

偏心動作の説明図



【図16】

従来技術の問題点説明図(その1)



【図17】

従来技術の問題点説明図(その2)

